
IEEE 802.16 BWA 환경에서의 가입자 수용용량 분석

Analysis of Termination Capacity in IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Environments

임석구
천안대학교 정보통신학부

Seog-Ku Lim(sklim@infocom.cheonan.ac.kr)

요약

인터넷의 급속한 보급과 대용량 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 나날이 증가하고 있다. 기존의 무선랜은 도달거리가 짧아서 가입자가 기지국(Base Station)에서 멀어지면 서비스 품질이 저하되고, 무선인터넷은 사용비용이 높다. 최근에 세계 최초로 국내에서 개발한 휴대 인터넷 시스템인 와이브로(WiBro: Wireless Broadband Internet) 시스템은 휴대폰과 무선랜의 중간 영역에 위치한 이동초고속인터넷서비스이다. 본 논문에서는 와이브로 시스템의 근간을 이루는 IEEE 802.16 BWA를 기반으로 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 서비스별 트래픽 모델과 특성을 분석하고, 다양한 트래픽 혼합 비율에 따라 시뮬레이션을 수행하였으며, 이를 토대로 최종적으로는 WiBro 시스템에서 셀 당 수용 가능한 최대 가입자 수를 산출하였다.

■ 중심어 : | 광대역 무선 액세스 | 휴대 인터넷 시스템 | 트래픽 모델 | 수용용량 |

Abstract

Request about fast diffusion of internet and high-capacity multimedia service is increasing day after day. Because existent wireless LAN is short range, if subscriber is far away in base station transceiver system(Base Station), subscriber's quality of service becomes low, and wireless internet is expensive. Lately, WiBro(Wireless Broadband Internet) system that is developed in domestic by world first, is high-speed portable internet service that is situated in middle area of mobile phone and wireless LAN. In this paper, service traffic model and characteristics are analyzed to provide multimedia service based on IEEE 802.16 BWA accomplishes base of WiBro and simulation is conducted according to various traffic mixing ratio. Finally, on the basis of these simulation results, maximum allowable number of subscriber per cell is calculated.

■ Keyword : | Broadband Wireless Access | High-speed Internet System | Traffic Model | Termination Capacity |

I. 서론

최근 인터넷의 활성화로 영상전화, 주문형 비디오 등과 같은 다양한 멀티미디어 서비스 제공에 대한 요구가 날로 증대되고 있다. 이와 같은 고속 데이터 전송 요구는 통신망의 고속화가 필수적으로 수반된다. 이를 위해 가정과 소규모사업자(SOHO)는 케이블 모뎀, DSL(Digital Subscriber Line)과 같은 유선망을 사용하고 있다. 그러나 케이블 시스템은 케이블 TV 하부구조를 기반으로 하고 있어 소규모사업자의 경우 유용하지 않으며 DSL은 거리 때문에 모든 가입자국이 이용할 수 없다.

이에 반해, 광대역 무선 접속(Broadband Wireless Access, BWA) 기술은 단지 빌딩이나 폴(Pole)에 기지국을 배치하여 고용량의 무선 접속 시스템을 창출할 수 있으므로 넓은 주파수 대역, 최근 몇 년간 하드웨어의 발달, 유선 네트워크 전개의 값비싼 하부 구조의 개발과 시간 소모 없이 광범위한 지역에 서비스할 수 있는 능력을 갖는다[1].

일반적으로 광대역 무선 접속망은 점대다점(Point-to-Multipoint) 구조를 사용한다. 이러한 구조는 일정 구역 내에 기지국(Base Station, BS)과 가입자국(Subscriber Station, SS)을 포함하는 구조이며, 이동통신망(Mobile Communication Network) 구조와 유사하다.

인터넷 패킷 데이터 트래픽은 비대칭(asymmetric), 비연속적인(bursty) 특성을 가지고 있으며, 무선인터넷 분야에서 한정된 주파수 자원의 효율적 이용과 802.16 BWA 시스템 전송효율의 성능을 좌우하는 측면에서 매우 중요한 위치를 차지한다. IEEE 802.16 표준은 지역간 장비 호환성 문제로 보급이 지연되었던 IEEE 802.11a 무선 LAN과 달리 처음부터 유럽 ETSI 표준과의 호환성을 염두에 두고 디자인되어 전세계적인 무선 MAN 표준으로 인정받고 있다. IEEE 802.16 표준은 LOS(Line of Sight)가 반드시 확보되어야 하는 802.16, 11GHz 이하의 저주파수를 사용하여 LOS가 필요 없는 802.16a, 그리고 제한된 이동성 및 로밍(Roaming) 기능이 추가된 802.16e로 크게 구분할 수

있는데, 802.16e는 2005년 2/4 분기 경에 완성될 것으로 예상된다[2-4].

본 논문에서는 IEEE 802.16 BWA 시스템을 효율적으로 시뮬레이션하기 위한 기초 자료로서 광대역 무선 액세스 환경 하에서의 트래픽 특성을 분석하였으며, 이를 기반으로 광대역 무선망에서 셀 당 수용 가능한 가입자 수를 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II장에서는 802.16 BWA 시스템과 트래픽 모델에 대해 간단히 설명하고 III장에서는 시뮬레이션을 위한 서비스별 트래픽 모델과 트래픽 양에 대해 설명한다. IV장에서 시뮬레이션 수행 및 성능을 분석 한 후, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 802.16 BWA 트래픽 모델

본 절에서는 IEEE 802.16 TG3에서 제안하고 있는 HTTP/TCP, FTP, 인터넷 서비스, 음성, 그리고 비디오 서비스 각각의 가입자 트래픽 모델을 제시한다[5]. 각 가입자들은 서로 다른 유형의 혼합이다. 예를 들어, 일부 가입자는 거주지 사용자(Residential User)일 수 있고 다른 사용자는 소규모사업자(Small Business) 혹은 SOHO(Small Office Home Office) 사용자일 수 있다. 서로 다른 유형의 가입자들은 서로 다른 응용 서비스들의 혼합뿐만 아니라 트래픽 양도 다르다. 본 절에서 제시하는 모든 모델들의 기본적인 가정은 호 수준(Call Level)의 모델이 아니라 패킷수준(Packet Level)의 모델이라는 점인데, 이는 다음과 같은 2가지 이유에 기인한다.

- (1) 호 수준에서 모델링은 시뮬레이션을 너무 복잡하게 하여 적정한 시간 내에 수행할 수 없다.
- (2) MAC 수준의 성능평가를 위해서는 패킷 호 수준이 적절하고 호 수준은 보다 상위계층에 관계된다. 시뮬레이션을 위해서 각 제시된 트래픽 모델들은 실제 적용을 위해 특정 데이터 속도(Data Rate)로 조정되어야 한다.

1. HTTP/TCP, FTP 트래픽 모델

HTTP/TCP, FTP 트래픽은 IPP(Interrupted Poisson Process) 모델을 기반으로 한다. 자기유사(self-similar) 트래픽 특성을 갖기 위해서는 4개의 IPP를 중첩시키면 된다[6]. [그림 1]에는 기본적인 IPP 모델을 나타내었다. 지수 분포를 가지는 ON(Active Period) 상태와 또 하나의 다른 독립적인 지수 분포를 가진 OFF(Silent Period) 상태가 교대로 나타나는 포아송(Poisson) 프로세스인 IPP 모델은 ON-OFF 트래픽의 대표적인 모델이다.

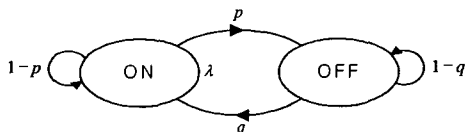


그림 1. IPP 모델

기본 모델인 4IPP에서 각 파라미터들은 허스트 상수(Hurst parameter) $H=0.9$ 를 갖는 자기유사 트래픽 특성을 나타내도록 선정된다. 허스트 상수 H 는 이전 패킷과 현재 패킷의 상관관계 척도를 나타낸다.

표 1. 기본 4IPP 모델(HTTP/TCP, FTP)

source_i	λ_i	c_{1i}	c_{2i}	평균
IPP#1	2.679	4.571×10^{-1}	3.429×10^{-1}	1.1480
IPP#2	1.698	1.445×10^{-2}	1.084×10^{-2}	0.7278
IPP#3	1.388	4.571×10^{-4}	3.429×10^{-4}	0.5949
IPP#4	1.234	4.571×10^{-6}	3.429×10^{-6}	0.5289
평균 도착율(pkts/unit-of-time)				3.00

λ_i : ON 시간 동안 도착율(packets/unit-of-time)
 c_{1i} : ON 상태에서 OFF 상태로의 전이(transition/unit-of-time)
 c_{2i} : OFF 상태에서 ON 상태로의 전이(transition/unit-of-time)
 평균: ON과 OFF 상태에 대한 평균 패킷 수(packets/unit-of-time)

기본 4IPP 모델은 적당한 데이터 전송율을 나타내도록 조정되어야 한다. 예를 들면 기본 모델이 100kbps의 트래픽을 발생하도록 조정되어야 한다고 가정하자. 평균 패킷의 크기를 192 byte라고 하면 초당 발생하는 패킷의 수는 65.104개($100,000/1536=65.104$)이다. 따라서 [표 1]의 기본모델은 [표 2]와 같이 조정되어야 한다.

$$\frac{65.104 \text{ packet/sec}}{3 \text{ packet/unit of time}} = 21.7014 \text{ unit of time/sec}$$

표 2. 4IPP 모델(데이터 전송율 : 100kbps)

source_i	λ_i	c_{1i}	c_{2i}	평균
IPP#1	58	9.920×10^0	7.442×10^0	24.920
IPP#2	37	3.136×10^{-1}	2.352×10^{-1}	15.795
IPP#3	30	9.920×10^{-3}	7.442×10^{-3}	12.911
IPP#4	27	9.920×10^{-5}	7.442×10^{-5}	11.479
평균 도착율 (packets/sec)				65.104

λ_i : 평균 : (transition/sec), c_{1i} , c_{2i} : (packets/sec)

25kbps나 10kbps의 트래픽 양을 갖는 4IPP 모델은 "time-window"의 개념을 이용하여 산출할 수 있다. 요구되는 비율로 ON/(ON+OFF) 시간을 조정하는 것은 windowed 패킷 버스트(burst)를 발생하는 것이다. 이것은 버스트가 "ON"일 때 트래픽 본래의 데이터율을 유지하지만 평균 버스트의 길이를 줄임으로써 전체적인 평균 트래픽 부하를 낮춘다. 전체적인 ON-OFF 구간의 평균길이를 유지하기 위해서 ON 시간이 줄어들 만큼 OFF 시간이 증가되어야 한다.

25kbps의 트래픽을 위해서 ON 시간은 100kbps의 ON 시간에 비해 1/4만큼 줄여야 하며, 비슷하게 10kbps의 트래픽을 위해서 ON 시간은 100kbps의 ON 시간에 비해 1/10만큼 줄여야 한다. [표 3]과 [표 4]는 25kbps와 10kbps의 4IPP 모델을 나타낸다.

표 3. 25kbps 4IPP 모델(HTTP/TCP, FTP)

source_i	λ_i	c_{1i}	c_{2i}	평균
IPP#1	15	2.480×10^0	1.860×10^0	6.230
IPP#2	9	7.840×10^{-2}	5.881×10^{-2}	3.949
IPP#3	8	2.480×10^{-3}	1.860×10^{-3}	3.228
IPP#4	7	2.480×10^{-5}	1.860×10^{-5}	2.870
평균 도착율 (packets/sec)				16.276

표 4. 10kbps 4IPP 모델(HTTP/TCP, FTP)

source_i	λ_i	c_{1i}	c_{2i}	평균
IPP#1	6	9.920×10^{-1}	7.442×10^{-1}	2.492
IPP#2	4	3.136×10^{-2}	2.352×10^{-2}	1.579
IPP#3	3	9.920×10^{-4}	7.442×10^{-4}	1.291
IPP#4	3	9.920×10^{-6}	7.442×10^{-6}	1.148
평균 도착율 (packets/sec)				6.5104

2. 개인 사용자 인터넷 모델

이 모델도 IPP에 기초를 두고 있다. 하나의 IPP는 한 사용자의 인터넷 트래픽을 나타내며 각 IPP는 hub 와 가입자 사이에 트래픽을 발생시킨다. 이 모델의 트래픽 특성은 상향링크(up link) 트래픽은 하향링크(down link) 트래픽보다 매우 높다. [표 5]는 기본 IPP 모델과 모델의 파라메타 등을 나타낸다.

표 5. 기본 IPP 모델

source_i	λ_i	C_{1i}	C_{2i}	평균
IPP#2	1.698	1.445×10^{-2}	1.084×10^{-2}	0.7278
평균 도착율(pkts/unit-of-time)				0.7278

기본 IPP 모델은 적절한 데이터 전송률을 나타내도록 조정될 수 있으며 [표 6]은 15kbps의 IPP 모델을 나타낸다.

표 6. 15kbps IPP 모델

source_i	λ_i	C_{1i}	C_{2i}	평균
IPP#2	22.79	0.1940	0.1455	9.77
평균 도착율(pkts/unit-of-time)				9.77

3. Voice 모델

음성 모델은 IDP(Interrupted Deterministic Process)에 기반을 두고 있다. 한 IDP는 한 패킷 음성 원을 나타내며 hub 와 가입자 사이에 트래픽을 발생시킨다. IDP 모델은 ON 시간 동안 패킷 도착 간격이 지수분포를 따르는 것이 아니라 고정되어 있다는 것을 제외하면 IPP 모델과 유사하다.

즉, talk- spurt 동안에는 매 20ms 간격으로 66byte의 패킷이 도착하고 silent 구간동안에는 패킷이 발생하지 않게 되어 8kbps의 데이터 전송률을 갖는다[6]. 이 모델은 음성 활동 detector를 갖는 vocoder에 의해 발생하는 5.3kbps와 64kbps 사이에 변하는 다른 패킷 음성에도 적용 가능하다.

다음 [표 7]에 있는 파라메타들은 기본 IDP 모델을 정의한다. 이 파라미터들은 352ms와 650ms의 ON 과 OFF 구간을 갖는 음성모델과 잘 일치하도록 선정되었

다. ON 구간 동안에 패킷은 매 일정 구간마다 발생되고 ON 과 OFF 시간은 IPP처럼 지수분포를 따른다.

표 7. 기본 IDP 모델

source_i	A	C_1	C_2	평균
IDP#1	2.279	0.0194	0.01455	0.7278

A : 평균 (packets/unit-of-time)

C_1 : ON 상태에서 OFF 상태로의 전이(transition/unit-of-time)

C_2 : OFF 상태에서 ON 상태로의 전이(transition/unit-of-time)

예를 들어 G.729가 목표 모델인 경우 Unit time은 20msec이므로 위의 [표 7]은 다음과 같이 조정된다.

$$\frac{1000ms}{20ms} = 50 \text{ unit of time/sec}$$

평균 패킷크기는 66byte 또는 528 bit이고 평균 데이터율은 $17.561 \text{ pkts/sec} \times 528 \text{ bits} = 9.3 \text{ kbps}$ 이다. 다음 [표 8]은 2개의 동시 사용 중인 음성 사용자들을 위한 IDP 모델을 나타낸다.

표 8. 두 개의 G.729 음성대화를 위한 IDP 모델

source_i	A_i	C_1	C_2	평균
IDP#1	50.000	2.841	1.538	17.561
IDP#2	50.000	2.841	1.538	17.561
2IDP 평균 도착율(packets/sec)				35.122

A_i : 평균 (packets/sec)

4. Streaming 비디오 모델

비디오 모델은 2개의 IRP(Interrupted Renewal Process)에 기초를 두고 있다. 2IRP가 하나의 패킷 비디오 원을 나타내고 hub 와 가입자 사이에 트래픽을 발생시킨다. 2IRP 모델은 각 상태에서 체류시간이 지수분포가 아닌 파레토 분포를 따른다는 것을 제외하면 4IPP 모델과 유사하다. 예를 들어, 초당 25 프레임 갖는 MPEG 패킷 비디오는 0.73에서 0.93으로 변하는 허스트 파라미터 값을 갖는다. 제안된 모델은 참고문헌 [7]과 star wars의 17100 MPEG 프레임으로부터 유도되었는데 가변 bit 율의 패킷 비디오에도 적용 가능하다.

[표 9]는 기본 2IRP 모델과 파라메타들을 정의한다.

이 파라메타들은 과거 10년 사이에 가장 많이 이용된 비디오 그리고 Star wars를 고려하여 선정하였다.

표 9. 비디오 사용자를 위한 기본 IRP 모델

source_i	λ_i	α_{1i}	α_{2i}	평균
IRP#1	44.95	1.14	1.22	26.74
IRP#2	61.90	1.54	1.28	23.78
2IRP 평균				50.52

λ_i : 평균 (packets/unit-of-time)
 α_{1i} : ON 상태에서 OFF 상태로의 전이(transition/unit-of-time)
 α_{2i} : OFF 상태에서 ON 상태로의 전이(transition/unit-of-time)

체류시간은 파레토 분포를 따르며 평균 체류 시간은 $\alpha_{ji}/(\alpha_{ji} - 1)$ 이다. ON 시간동안 패킷 도착 시간간격은 IDP의 경우와 마찬가지로 지수분포를 따른다.

MPEG이 목표 모델이라고 가정하면, 시간 단위는 40ms 이고 이는 초당 25 프레임에 해당한다. 따라서 기본 모델의 패킷율은 다음처럼 조정되어야만 한다.

$$\frac{1000ms}{40ms} = 25 \text{ unit of time/sec}$$

표 10. MPEG 비디오를 위한 1.9Mbps 2IRP 모델

source_i	λ_i	α_{1i}	α_{2i}	평균
IRP#1	1123.80	1.14	1.22	668.49
IRP#2	1547.50	1.54	1.28	594.51
2IRP 평균				1263.00

λ_i : 평균 : (packets/sec)

패킷 크기는 1.88byte 혹은 1504bit이다. 평균 데이터율은 1263 packet/sec×1504bit=1.9Mbps이다.

III. 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 하향링크 트래픽이 상향링크에 비해 트래픽이 매우 높을 것이므로 성능은 하향링크 관점에서 분석하였다. [그림 2]에는 시뮬레이션 모델을 나타내었는데, 1-queue 1-server로 모델링하였으며, 다양한 트래픽 소스는 하향링크에 의해 서비스되는 공통 버퍼

에 입력된다. MAC 계층에서의 스케줄링 방식은 여러 가지 방식이 있으나 본 논문에서는 FIFO 방식을 적용하되 음성과 비디오 서비스는 실시간을 요구하므로 다른 서비스에 비해 우선적으로 서비스되도록 하였다.

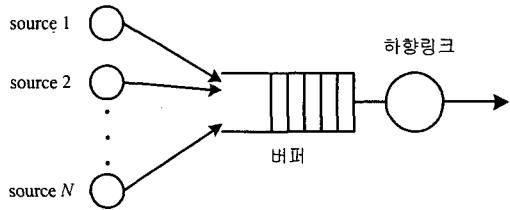


그림 2. 시뮬레이션 모델

시뮬레이션이 복잡하며, 상위계층에 적합한 호 레벨에서의 시뮬레이션보다는 본 논문에서는 패킷레벨에서의 특성을 고려하여 시뮬레이션을 수행하였다. 따라서 입력 트래픽 모델은 IEEE 802.16의 물리계층과 MAC 계층을 시뮬레이션하기 위한 기초 자료로 활용할 수 있으며, 실제 적용을 위해 특정 데이터 속도로 조정할 값을 사용한다.

1. 가입자 군의 정의

각 가입자는 다양한 형태의 트래픽을 발생시킨다. 트래픽의 4가지 분류는 HTTP/TCP, FTP, internet, 음성 그리고 비디오이다. 각각 트래픽은 앞에서 정의된 것처럼 그것 자신의 독특한 트래픽 모델을 갖는다. HTTP/TCP 와 FTP는 4IIP 모델을 사용하고 음성은 IDP 모델을, 비디오는 2IRP 모델을 이용한다. 이를 다음 [표 11]에 정리하였다.

표 11. 각 트래픽 형태별 트래픽 모형

소규모/중규모 사업자 HTTP/TCP	4IIP
소규모/중규모 사업자 FTP	4IIP
개인사용자 인터넷	IPP
음성	IDP
비디오	2IRP

각 가입자의 트래픽 혼합(Traffic Mix)은 다음과 같이 정의된다. 각 가입자군을 위한 트래픽은 다음 [표

12]와 같이 나타나는데 각 표에 나와 있는 값들은 2001년도에 정상 사용(normal usage)과 관련된 트래픽 가정을 위한 파라미터 들이다. [표 12]에서 보면 음성을 뺀 나머지 트래픽은 상향링크와 하향링크 비율(특히, 비디오)의 차이가 많이 난다.

표 12. 가입자 균을 위한 트래픽 혼합

트래픽 형태	상향/하향 비율	개인 가입자	소규모사업자 (SOHO)	중규모사업자
HTTP/TCP	8:1 (2:1 Med)	N/A	25 /3.125kbps	100 /50kbps
FTP	5:1 (3:1 Med)	N/A	10/2kbps	25 /8.33kbps
Internet	9:1	15/1.5kbps	N/A	N/A
Voice	1:1	9.3kbps	18.6kbps	37.2kbps
Video	10:1	1.9 /0.19Mbps	1.9 /0.19Mbps	1.9 /0.19Mbps

2. 시뮬레이션 시나리오를 위한 가입자 혼합

IEEE 802.16 BWA에서는 [표 13]과 같이 시뮬레이션을 위한 4가지 시나리오를 제시하였다. 각 방향에서 트래픽은 4가지 모델(HTTP/TCP, FTP, 음성, 비디오)의 합으로 나타난다[5].

[표 13]은 2004년에 완전한 비디오 서비스가 될 것이라는 가정 하에 2001년에 작성된 것이다. 2001년에는 비디오 사용자를 고려하지 않았지만, 2004년에는 비디오 사용자로 인해 더욱 트래픽이 늘어날 것으로 예상하였다. 중규모사업자의 비율은 작지만, 규모를 고려하면 실질적인 트래픽 양은 증가할 것으로 예상된다.

시나리오 No.1과 No.3은 개인 사용자와 소규모사업자를 포함하고 있으며, 시나리오 No.2와 No.4는 중규모사업자도 포함한다. 시나리오 No.1과 No.2에서는 비디오 트래픽은 고려하지 않았으며, 시나리오 No.3과 No.4에서는 비디오 트래픽은 고려하였다.

실제 패킷을 처리하는 MAC 계층에서의 패킷 스케줄링에서 음성이나 비디오 트래픽은 HTTP/TCP, FTP나 인터넷 트래픽 보다는 높은 우선순위를 갖는다.

표 13. 시뮬레이션 시나리오를 위한 가입자 혼합

시나리오	가입자 혼합비율		
	개인 사용자	소규모사업자 SOHO	중규모사업자
No.1 (2001)	95% Internet &Voice	5% HTTP/TCP FTP&Voice	0%
No.2 (2001)	65% Internet &Voice	20% HTTP/TCP FTP&Voice	15% HTTP/TCP FTP&Voice
No.3 (2004)	95% Internet Voice&Video	4% HTTP/TCP FTP, Voice&Video	0%
No. 4 (2004)	65% Internet Voice&Video	20% HTTP/TCP FTP, Voice&Video	15% HTTP/TCP FTP, Voice&Video

현대 인터넷 시스템에서 발생하는 트래픽은 주로 다음과 같은 6가지의 프로토콜들로 구성될 것이다. 인터넷을 이용한 음성통신인 VoIP, 파일전송을 위한 FTP, 웹상에서의 네비게이션을 위한 HTTP, 이-메일을 위한 POP3, 원격접속을 위한 telnet 등이 있다. 인터넷 트래픽 중에서 telnet의 비율은 매우 미약하므로 네트워크 성능에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 보인다. 본 논문에서는 POP3 트래픽을 HTTP/TCP 트래픽으로 분류하였다.

[표 14]에 나타난 시나리오 No.3과 No.4를 시뮬레이션하기 위하여 서비스 유형에 따른 각 트래픽 혼합 비율을 3가지 CASE로 분류하여 [표 14]에 제시하였다 [8]. FTP, HTTP, POP3의 비율은 점점 감소시키고 음성과 비디오의 비율은 증가한다. 현재 인터넷 전화는 품질이 떨어져 사용자 수가 적지만, 앞으로 서비스별로 QoS(Quality of Service) 제공방안이 마련된다면 사용이 늘 것으로 예상된다. CASE별로 비디오의 사용은 3%, 5%, 7%로 2%씩 증가하였지만, 비디오의 평균 트래픽 양이 1.9Mbps이므로 전체 트래픽 양의 증가는 매우 클 것으로 분석된다. 따라서 제한된 자원으로 서비스를 수행하는 경우 CASE III이 셀 당 가입자 수가 가장 작을 것으로 예측된다.

표 14. 서비스 비율

서비스유형	CASE I	CASE II	CASE III
VoIP	10%	27%	45%
FTP	16%	13%	10%
HTTP	40%	30%	20%
pop3	30%	24%	17%
video	3%	5%	7%
telnet	1%	1%	1%

IV. 시뮬레이션 및 성능 분석

현재 WiBro 시스템은 5msec의 고정된 TDD/OFDMA 구조를 갖는다. 하향링크 관점에서 하나의 프레임 동안 310개의 서브채널(sub-channel)이 할당되고 서브채널당 8byte 데이터를 전송할 수 있으므로 WiBro 시스템의 하향링크의 용량은 3.968Mbps (=310×8×8×200)가 된다[9].

시스템이 수용할 수 있는 최대 가입자 수는 지연시간으로부터 정의될 수 있다. 트래픽 부하는 가입자들의 수가 증가함에 따라 늘어나기 때문에 평균 지연시간은 가입자 수가 늘어나면 증가하게 된다. 최대 가입자 수 N 은 HTTP/TCP와 FTP 트래픽의 역방향 혹은 순방향에서 $(N+1)$ 번째 가입자가 다음 부등식을 처음 만족하는 시점으로 정의된다.

$$(N+1)\text{명의 평균지연} > 4 \times (N\text{명 가입자 평균지연})$$

또는

$$\text{평균 지연} > 100 \text{ msec}$$

트래픽 증가에 따른 위 부등식을 만족하는 가입자 수를 결정하기 위하여 시나리오 No.3과 No.4를 대상으로 시뮬레이션을 수행하였다. [그림 3]은 시나리오 No.3인 경우 그 결과를 나타내었는데, x축은 수용 가능한 가입자 수이고, y축은 평균 지연시간이다.

각 CASE 별로 최대 수용 가입자 수는 CASE I인 경우는 36명, CASE II인 경우는 22명, CASE III인 경우는 16명이다. 이와 같은 결과는 [표 6]에서 본 것과

같이 CASE III의 트래픽 양이 가장 크기 때문에 셀 당 수용할 수 있는 가입자 수도 가장 작은 것으로 분석할 수 있다.

[그림 4]는 시나리오 No.4인 경우 그 결과를 나타내었는데, 각 CASE 별로 최대 수용 가입자 수는 CASE I인 경우는 32명, CASE II인 경우는 21명, CASE III인 경우는 15명이다. [표 14]에서와 같이 시나리오 4는 시나리오 3과 달리 중규모사업자도 고려하였기 때문에 더욱 트래픽은 증가하여, 시나리오 3보다 수용할 수 있는 가입자 수가 작음을 알 수 있었다. 무선 멀티미디어 데이터를 서비스 해주는 망 사업자 입장에서는 비디오도 서비스해줄 경우, 시나리오 4의 CASE III을 참고로 했을 때, 한 셀(cell)에서 큰 지연 없이 서비스 해줄 수 있는 가입자 수는 15명인 것으로 분석할 수 있다.

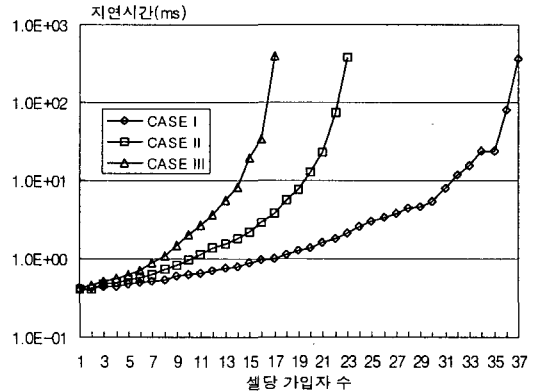


그림 3. 시나리오 No.3 시뮬레이션 결과

V. 결론

초고속 광대역 통신망의 등장과 함께 나타난 다양한 멀티미디어 서비스와 휴대 인터넷 서비스가 활성화됨에 따라 데이터 트래픽을 고려한 트래픽 엔지니어링의 필요성이 대두되었으며, 이러한 멀티미디어 서비스에서 발생하는 트래픽은 QoS(Quality of Service)를 보장하는 효과적인 자원 확보를 위한 모델링이 필요하다.

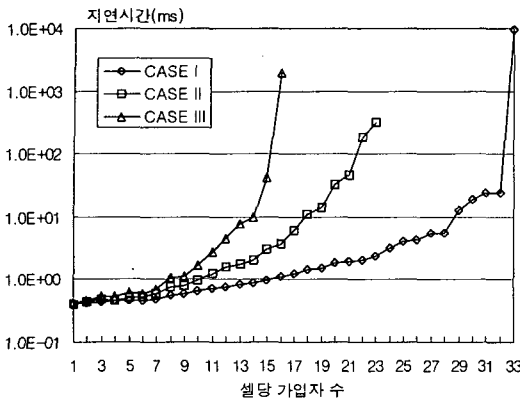


그림 4. 시나리오 No.4 시뮬레이션 결과

WiBro 시스템에서 지원하고자 하는 서비스가 음성 뿐만이 아닌 고속 인터넷 서비스와 동영상 서비스와 같이 광대역을 필요로 하는 서비스이고, 무선 통신이기 때문에 기존의 Markovian 모델에 기초한 음성 위주의 트래픽 모델링으로는 부정확한 시스템 파라미터의 설정과 잘못된 성능 분석 결과를 초래할 수 있다. 따라서 시스템 설계 및 성능 분석의 수행을 위해서 광대역 서비스 트래픽의 특성을 보다 정확하게 모델링 할 수 있어야 한다.

개별 사용자 트래픽 모델에 근거한 방법은, “시뮬레이션” 목적을 위해서는 가장 효율적이고 또한 널리 사용되는 방법이다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 IEEE 802.16 BWA 환경에서 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 일차적으로 서비스별 특성과 파라미터를 분석하고, 서비스 혼합에 따른 시뮬레이션을 수행하였다.

시뮬레이션을 2가지 시나리오로 가정하여 모두 비디오 서비스는 지원하지만, 중규모사업자를 포함하지 않는 시나리오 No.3과 중규모사업자를 포함하는 No.4에 대해 시뮬레이션을 수행하였다. 예상했던 바와 같이 중규모사업자를 고려한 시나리오 No.4의 트래픽 양이 시나리오 No.3보다 크기 때문에 셀 당 수용 가능한 가입자 수가 작음을 알 수 있었다. 비디오 서비스를 포함하지만, 중규모사업자를 고려하지 않은 시나리오 No.3에서 셀 당 수용 가능한 최대 가입자 수는 CASE I인 경우 36명, CASE II인 경우 22명, CASE III인 경우 16명으로 분석되었다. 비디오 서비스를 포함하고 중규모

사업자를 고려한 시나리오 No.4는 각 CASE 별로 32, 21, 15명으로 분석되었다.

본 논문에서 산출한 셀 당 최대 가입자 수는 WiBro 환경에서의 셀 설계시 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 추후에는 실제 WiBro 환경에서의 실측 데이터를 측정하여 이를 근거로 IEEE 802.16 BWA에서 제안한 트래픽 모델을 검증할 필요가 있으며 또한 해석적인 방법에 의해 가능한 부분들을 연구할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] <http://www.wirelessman.org>
- [2] IEEE 802.16-2001, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," April, 2002(8).
- [3] IEEE 802.16.2-2001, "IEEE Recommended Practice for Local and Metropolitan Area Networks Coexistence of Fixed Broadband Wireless Access Systems," Sept, 2001(10).
- [4] C. Eklund, R. B. Marks, K. L. Stanwood, and S. Wang, "IEEE standard 802.16: a technical overview of the Wireless-MANTM air interface for broadband wireless access," IEEE Comm. Magazine, Vol.40, No.6, pp.98-107, June, 2002.
- [5] IEEE 802.16.3C-01/30r1, "Traffic Models for 802.16 TG3 MAC/PHY Simulations," March, 2001.
- [6] W. E. Leland and D. V. Wilson, "High Time-Resolution Measurement and Analysis of LAN Traffic : Implications for LAN Interconnection," IEEE Infocom '91, Vol.3, pp.1360-1366, April, 1991.
- [7] S. N. Subramanian and T. Le-Ngoc, "Traffic Modeling in a Multi-Media Environment,"

CCECE'95, Montreal, Sept, 1995.

[8] A. Quintero, Yacine Elalamy and Samuel Pierre, "Performance evaluation of a broadband wireless access system subjected to heavy load," Computer Communications, Vol.27, Issue9, pp.781-791, June, 2004.

[9] 국광호, 임석구, "휴대 인터넷 기지국 MAC 성능 연구", 한국전자통신연구원 최종연구보고서, 2005(2).

저자 소개

임 석 구(Seog-Ku Lim)

중신회원



- 1983년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과(공학사)
- 1987년 2월 : 서울대학교 전자공학과(공학석사)
- 1999년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과(공학박사)

- 1987년 1월~1992년 2월 : LG전자 중앙연구소
 - 1992년 2월~1994년 2월 : 한국전자통신연구원
 - 1994년 3월~2001년 2월 : 주성대학
 - 2001년 3월~현재 : 천안대학교 정보통신학부
- <관심분야> : 트래픽 엔지니어링, 시뮬레이션, 이동통신시스템 성능분석, 광 네트워크